

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Lukáš Vávra

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra Elektroenergetiky

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Vávra**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Absolvování individuální odborné praxe**
Individual Professional Practice in the Company
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: ABB, s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:


Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.


.....

Lukáš Vávra

Datum odevzdání bakalářské práce: 27. 6. 2018

Prohlášení

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě 24. dubna 2018

ABB s.r.o.
NOVÁ KAROLINA PARK
28. října 3348/65
702 00 Ostrava
.....
IČ: 49682563

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Břetislavu Stachovi za jeho pomoc, trpělivost a neocenitelné rady při tvorbě této práce. Chtěl bych také poděkovat Jaroslavu Lacmanovi za jeho trpělivost a rady při prvním nástupu na praxi a následnou pomoc s dokončením této práce. Na závěr chci poděkovat Ing. Radomíru Goňovi jako vedoucímu této práce a za jeho pomoc při závěrečném vypracování.

Abstrakt

Tato bakalářská práce obsahuje popis odborné praxe absolvované u firmy ABB s. r. o., OPC Ostrava. V této práci je uvedené odborné zaměření pobočky společnosti v Ostravě. Dále je zde popis mé pracovní pozice a náplň práce po dobu praxe. Následuje popis zadání projektu, přístrojů a vybavení využité při práci. Na závěr je zhodnocení přínosu a užitečnosti informací a zkušeností nabytých v rámci odborné praxe, které znalosti získané během studia jsem využil a které mi chyběli a shodnocení celé praxe.

Klíčová slova

Odborná praxe, ABB s.r.o., měření, proudová ochrana, napěťová ochrana, REF630, PCM600, IED, vypínací charakteristiky, selektivita, rozvaděče, finanční analýza.

Abstract

This thesis describes my practice in ABB s.r.o. company OPC Ostrava branch. The aim of this thesis is to introduce the branch of company my professional practice took place. The next point is to describe my working position and tasks assigned to me during this practice. The end of this work involves evaluation of working experience gained and used during this practice.

Key words

Professional practice, ABB s.r.o., measuring, Current protection, Voltage protection, REF630, PCM600, IED, Selectivity diagrams, switchgears, cost evaluation.

Obsah

Obsah	8
Seznam použitých symbolů a zkratk:	9
Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	10
Úvod	11
1. Představení firmy	12
1.1.O firmě	12
1.2.Pracovní zařazení	12
2. Použité technologie.....	13
2.1.Produktová skupina Relion®	13
2.2.Nástroj PCM600	13
2.3.e-Design.....	14
3. Seznam zadaných úkolů	15
3.1.Finanční analýza nabídek přístrojů.....	15
3.2.Návrh a realizace měřicí úlohy ochrany REF630	15
3.3.Aktualizace nástroje pro určení vypínacích charakteristik jistících prvků a ověření selektivity.....	16
4. Řešení zadaných úkolů	17
4.1.Cenové hodnocení rozvaděčů	17
4.2.Návrh a realizace měřicí úlohy ochrany REF630	24
4.3.Aktualizace nástroje pro určení vypínacích charakteristik jistících prvků a ověření selektivity.....	31
5. Závěr.....	36
5.1.Teoretické a praktické znalosti uplatněné v průběhu praxe.....	36
5.2.Teoretické a praktické znalosti scházející v průběhu praxe	36
5.3.Dosažené výsledky v průběhu praxe a jejich zhodnocení	36
6. Literatura.....	37

Seznam použitých symbolů a zkratek:

ANSI	– American National Standards Institute
DT	– Definite Time
IEC	– International Electrotechnical Commission
IED	– Intelligent Electronic Device
IDMT	– Inverse definite mean time
LAN	– Local Area Network
MV AIS	– Medium Voltage Air Insulated Switchgear
MV GIS	– Medium Voltage Gas Insulated Switchgear
NN	– Nízké napětí
NER	– Neutral Earthing Resistor
PFC	– Power factor correction

Seznam obrázků

Obrázek 1 Graf ceny na jednotku NERu (data byla upravena).....	23
Obrázek 2 Graf množství a ceny NER za rok (data byla upravena)	23
Obrázek 3: Ukázka systému přípojníc modelu v laboratoři EB015	24
Obrázek 4: Výsledné zapojení bloků konfigurace projektu.....	26
Obrázek 5: PHPTUV	26
Obrázek 6: TRPPTRC.....	27
Obrázek 7: INVERTER	27
Obrázek 8: PHPTOV	28
Obrázek 9: PHHPTOC.....	28
Obrázek 10: PHIPTOC.....	29
Obrázek 11: GRP1_LED1.....	29
Obrázek 12: Nastavení parametrů – nastavení bloku PHPTUV.....	30
Obrázek 13: Vypínací charakteristika stará	32
Obrázek 14: Vypínací charakteristika nová	32
Obrázek 15: Zobrazení vypínacích charakteristik NN ochran v programu e-Design.....	33
Obrázek 16: Zobrazení vypínací charakteristiky NN ochran v MS EXCEL	34

Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní data (data byla upravena).....	21
Tabulka 2: Množství panelů v rozvaděči (data byla upravena).....	21
Tabulka 3: Technická data rozvaděčů	22
Tabulka 4: Výpočty pro jednotlivé grafy (data byla upravena	22
Tabulka 5: Naměřené hodnoty testování vypínacích časů.....	32
Tabulka 6: Ukázka nového rozhraní pro výpočet daných charakteristik	35

Úvod

Tato Bakalářská práce byla absolvovaná formou odborné praxe u firmy ABB s.r.o., kde jsem pracoval na pozici „Associate Designer“. Individuální odbornou praxi, jako formu absolvování Bakalářské práce jsem si zvolil, protože jsem chtěl získat zkušenosti v praktickém rozsahu v mém oboru. Společnost ABB s.r.o. mi umožnila vzít mé teoretické znalosti ze školy a uplatnit je v praktických aplikacích.

Podmínkou absolvování individuální odborné praxe bylo odpracovat min. 50 pracovních dnů za dva semestry.

V první kapitole představuji firmu u které jsem absolvoval svoji odbornou praxi. Dále pak popis mého zařazení a pracovní pozice na které jsem působil. Je zde shrnuta i náplň mé práce.

Ve druhé kapitole popisuji technologie, které jsem využil při své odborné praxi pro řešení zadaných úkolů.

Třetí kapitola popisuje úkoly, které mi byli zadány. Jejich řešení, jak z hlediska programového řešení tak z hlediska hardwerového řešení.

Na závěr provedu zhodnocení nabytých zkušeností v rámci praxe. Dále zhodnocení využitých znalostí získaných v mém studiu na vysoké škole, případně co jsem se musel doučit. Tato část obsahuje také celkový závěr.

1. Představení firmy

1.1. O firmě

ABB je přední světovou společností působící v oblasti energetiky a automatizace. Umožňuje zákazníkům z oblasti průmyslu a distribuce energií zlepšit jejich výkonnost a současně snížit dopad jejich činností na životní prostředí.

V ČR působí ABB prostřednictvím svých výrobků a služeb již od roku 1970, avšak formální vznik společnosti v České Republice se datuje od roku 1992, kdy byla založena první společnost s názvem ABB s.r.o. V průběhu 90. let se ABB s.r.o. v České Republice rozrůstala až do dnešní podoby.

V současné době společnost nalezneme v 8 lokalitách. Svá nejvýznamnější inženýrská výzkumná centra má v Ostravě a Plzni. Čtyři výrobní závody má v Praze, Brně, Trutnově a Jablonci nad Nisou.

Více než 70 % produkce míří na export, což svědčí o vysoké kvalitě výrobků ABB v ČR. Např. Brněnský závod pro výrobu rozváděčů, transformátorů a senzorů vysokého napětí je největší výrobní závod na přístrojové transformátory vysokého a velmi vysokého napětí na světě.

Organizačně je ABB rozčleněno do čtyř divizí: Elektrotechnické výrobky, Robotika a pohony, Průmyslová automatizace a Energetika.

Operační centrum Česká republika (CZOPC) je globálním inženýrským centrem pro divizi Průmyslové automatizace ABB. V současné době působí ve 2 lokalitách, a to v Ostravě a v Plzni.

1.2. Pracovní zařazení

Název pozice byl Associate Project Engineer.

Hlavní náplní této pozice byl vývoj projektových nástrojů pro zvýšení efektivity inženýrských (projektových) procesů uvnitř firmy.

První skupina procesu byla zaměřená na technicko obchodní část – vývoj nástroje pro zpětnou finanční analýzu a zpětnou analýzu konfigurace zařízení vysokého napětí, zejména rozvaděčů.

Další skupina inženýrských nástrojů byla z oblasti výpočtů – nástroj pro rychlý a jednoduchý návrh vypínacích charakteristik a ověření selektivity jisticích prvků.

2. Použité technologie

2.1. Produktová skupina Relion®

Relion® je produktová skupina, která zahrnuje soubor inteligentních zařízení určených pro chránění, ovládání, měření a monitorování rozveden energetických společností i distribučních rozveden, středně velkých i velkých asynchronních motorů a transformátorů.

Relion® využívá pro komunikaci normu IEC 61850, momentálně je úsilí o sjednocení všech ochran a systémů obecně podle IEC 61850 pro unifikaci komunikace mezi systémy.

V této práci se využívají ochrany produktové skupiny Relion®, konkrétně produktové řady REx630. Charakteristickými vlastnostmi výrobků řady REx630 jsou funkční všestranost a flexibilní konfigurovatelnost. Řada REx630 je také vybavena potřebnými ovládacími funkcemi používanými pro řízení pole vývodů v různých aplikacích.

Serie REx630 dále obsahuje:

- Předkonfigurované funkční bloky reprezentující jednotlivé ochrany (zkratová, podpět'ová atd.), které mohou být volně přizpůsobeny tak, aby splňovaly specifické požadavky na distribuční aplikace.
- Možnost vytvářet konfigurace – soubor úkonů pro komunikaci, chránění a ovládání průmyslových aplikací.
- Možnost ovládání jističů a odpojovačů

2.2. Nástroj PCM600

Nástroj PCM600 je softwarový nástroj určený pro práci uživatele s ochranami řady REx630 společnosti ABB.

Používá se od nastavení jednotlivých funkčních bloků ochrany až po komunikaci s ochranou, řešení poruchových stavů, ladění, a celkovou diagnostiku funkčnosti ochrany.

Nástroj PCM600 komunikuje s IED (Inteligentní Elektronické zařízení – dále jen IED) pomocí LAN na přední, nebo zadní straně ochrany. Nástroj PCM600 je schopný číst a psát všechny konfigurace a nastavení dat v IED pomocí jednoho příkazu.

Základním komunikačním protokolem produktové skupiny Relion® je IEC 61850.

2.3. e-Design

e-Design je software společnosti ABB určený pro návrh rozvoden nízkého napětí typu MNS.

V této práci jsem využil část programu:

- Křivky – Umožnění vykreslení vypínacích charakteristik jistících prvků na hladině nízkého napětí, které slouží pro ověření selektivity vypínacích charakteristik ochran v daném systému.

Další funkce programu.

- CAT - rychlá volba a kalkulace výrobků a příslušenství
- DOC - kreslení, výpočet a rozměry
- Výpočet OTC - teploty spínacích systémů

3. Seznam zadáných úkolů

3.1. Finanční analýza nabídek přístrojů

Prvním úkolem bylo vytvořit nástroj pro zobrazení cenového rozložení rozvaděčů a dalších přístrojů – přístrojových transformátorů proudu/napětí, odporníků, kondenzátorů, odpojovačů a dalších, v závislosti na parametrech jednotlivých zařízení v zadáných letech.

Jednalo se o nabídky, které ABB předložilo jako řešení různých projektů v letech 2007 až 2017. Byla vyhodnocena příslušná část technické dokumentace, jednofázová schémata a nacenění těchto nabídek.

V konečné fázi bylo úkolem vytvořit grafické znázornění výsledků a provést uživatelské úpravy pro lepší orientaci v nástroji.

Jednalo se o první úkol v novém prostředí a vzhledem k množství dat, které bylo potřeba zpracovat, daný úkol zabral 15 dnů.

3.2. Návrh a realizace měřicí úlohy ochrany REF630

Druhým úkolem bylo navrhnout laboratorní úlohu pro laboratorní model simulující dvojité systém přípojníc vysokého a velmi vysokého napětí. Šlo o realizaci chránění tohoto modelu proti nadproudům, zkratům a následně proti přepětí a podpětí.

Jako první úkol bylo naučit se programovat jednotlivé funkční bloky ochrany REF630 reprezentující konkrétní typ ochrany – přepětěťová, podpětěťová, zkratová, atd. – použité ve výsledné konfiguraci vnitřních logických schémat. Toto programování proběhlo v kanceláři ABB.

A následně odzkoušet nastavení funkčních bloků a jejich funkčnost na samotném modelu v laboratoři EB015.

Dále jsem se naučil jak se připojit na reálnou ochranu REF630, nahrát naprogramovanou konfiguraci do ochrany, otestovat ji a odměřit funkčnost.

Tento úkol vyžadoval nastudování jednotlivých funkčních bloků reprezentujících všechny použité funkce (nadproudová, zkratová, přepětěťová a podpětěťová ochrana), jak je nastavit a následně je otestovat na reálných ochranách na modelu přípojníc v laboratoři, celkový čas tohoto úkolu byl 25 dní.

3.3. Aktualizace nástroje pro určení vypínacích charakteristik jistících prvků a ověření selektivity.

Posledním úkolem bylo aktualizovat starou verzi nástroje pro vykreslování vypínacích charakteristik jistících prvků na hladině nízkého a vysokého napětí. A dále ověřování selektivity pro ochrany nízkého a vysokého napětí.

Tento nástroj je schopen vykreslit pět vypínacích charakteristik pro vysoko napěťové a pět charakteristik pro nízko napěťové ochrany. Dále je schopen vykreslit charakteristiky rázového proudu pro transformátory, náběhového proudu pro motory a tepelně výdržné charakteristiky pro transformátory, motory, kabely a kompenzační jednotky.

Vykreslením těchto charakteristik jsme schopni zjistit konkrétní nastavení daných ochran tak, aby byly v souladu s požadavky projektované soustavy.

Tato část praxe by se dala nazvat rozšířením znalostí v oblasti ochran z předchozí kapitoly. Vypínací charakteristiky jsou charakteristiky znázorňující vypínací schopnost ochran, které se následně použili pro ověření selektivity daného systému. Což přímo souvisí s předchozím úkolem.

V rámci testování charakteristik jsem si byl schopný ujasnit a naučit se, jak se jednotlivé charakteristiky chovají při změně jednotlivých parametrů a jaká nastavení a parametry jsou nejčastěji používány v reálných aplikacích.

Tento úkol mi zabral 10dní včetně závěrečné zprávy.

4. Řešení zadaných úkolů

4.1. Cenové hodnocení rozvaděčů

Při nástupu do firmy byl první úkol provést finanční analýzu rozvaděčů, zemních odporníků a dalších přístrojů jako odpojovače, měřicí transformátory a další. V první části bylo potřeba se seznámit s jednotlivými typy rozvaděčů a odporníků, které ABB vyrábí a provozuje. Já jsem se seznámil s:

NER

Při zkratu mezi fází a zemí může dojít k nevratnému poškození sítě a zařízení k ní připojených (transformátory, generátory, motory...), proto je velice důležité eliminovat dopady těchto nežádoucích zkratů. Zemní odporník omezí poruchový proud, který vzniká v důsledku fázových zkratů, a to až do doby než ochrany sítě zareagují.^[4]

Tento odporník je zapojený mezi uzlem sítě na sekundární straně transformátoru a zemí.

Hlavními výhodami zemních odporníků oproti alternativním metodám jsou:

- Jednodušší detekce místa poruchy
- Omezení zkratového proudu
- Žádné přechodné přepětí

Základní požadované parametry:

- Nominální napětí sítě
- Hodnota maximálního poruchového proudu: od 30A až po 10kA
- Výdržná doba odporníku při poruše: 10s

Pro projekty se kterými jsem se setkal byly nejčastější hodnoty poruchového proudu od 0A do 400A po dobu 5s až 30s. Což v důsledku znamenalo, že maximální povolené oteplení článků odporníku bylo 700°C.

MV AIS Unigear ZSx (1;2)

Vzduchem izolovaný rozvaděč vysokého napětí.

Rozvaděče typu Unigear ZSx patří mezi nejrozšířenější a nejpoužívanější rozvaděče společnosti ABB.

ZS Série využívá jako izolaci vzduch a obsahuje vyjmutelný vákuový, nebo plynový vypínač.

Parametry v závislosti na typu:

Jmenovité napětí od 12kV do 40,5kV, jmenovitý proud od 630A do 4000A a zkratový proud od 16kA do 50kA.

MV GIS Unigear ZXx (0;1;1,2 a 2)

Plynem izolovaný rozvaděč vysokého napětí

ZX serie využívá jako izolaci plyn SF₆ hermeticky uzavřeným tlakovým systémem.

Další parametry v závislosti na typu:

Jmenovité napětí od 24kV do 42kV, jmenovitý proud od 1250A do 2500A a zkratový proud od 25kA do 40kA.

Tyto rozvaděče se v realizovaných projektech objevovaly nejčastěji. Následně se procházela stará dokumentace z let 2007 až po 2017 a vypisovali se parametry jednotlivých rozvaděčů. Od počtu panelů (přívody, vývody) přes odolnost proti vlivům prostředí (teplota, nadmořská výška, otřesy) až po technická data (jmenovité napětí a proud, zkratové napětí a proud, typ rozvodnic atd.).

Při procházení dokumentace se vypisovaly data do tabulky z Obecné specifikace, výčtu panelů a doplňků.

Níže je ukázka dokumentu Obecné specifikace neboli „General Specification“:

General specifications of Switchgear:

<i>Unigear type</i>		<i>Single Busbar</i>
<i>UniGear Digital</i>		<i>No</i>
<i>Delivery Version</i>		<i>Complete Panels</i>
<i>Standard</i>		<i>IEC</i>
<i>Packing</i>		<i>Sea-freight wooden case</i>
		<i>withstanding open air for 12 months</i>
<i>FAT</i>		<i>Optional FAT III</i>
<i>Altitude of installation</i>	<i>m</i>	<i>less than 1750</i>
Primary Electrical Parameters		
<i>Rated voltage</i>	<i>kV</i>	<i>12</i>
<i>Rated Voltage (derated) at altitude:</i>	<i>kV</i>	<i>10,941</i>
<i>Service voltage</i>	<i>kV</i>	<i>4,16</i>
<i>Rated Frequency</i>	<i>Hz</i>	<i>50</i>
<i>Power frequency withstand voltage</i>	<i>kV rms</i>	<i>28</i>
<i>Power Freq. With. Voltage (derated) at altitude:</i>	<i>kV</i>	<i>25,541</i>
<i>BIL (1.2/50 micro-sec. wave)</i>	<i>kV peak</i>	<i>75</i>
<i>BIL (derated) at altitude:</i>	<i>kV</i>	<i>68,411</i>
<i>Short time withstand current</i>	<i>kA rms</i>	<i>40 - 3 s</i>
<i>Peak withstand current</i>	<i>kA peak</i>	<i>100</i>
<i>Internal arc withstand current</i>	<i>kA rms</i>	<i>40 - 1 s</i>
<i>Busbar rated current</i>	<i>A</i>	<i>2500</i>
<i>Insulated busbars</i>		<i>Yes</i>
<i>Main circuit Cu Bars coating</i>		<i>Ag</i>
<i>Shutters painting</i>		<i>Standard RAL7035</i>
<i>Busbars partitioning</i>		<i>Each panel</i>
<i>Loss of service continuity</i>		<i>LSC 2B</i>
<i>Internal arc classified</i>		<i>IAC A FLR</i>
<i>Partition class</i>		<i>PM</i>
Mechanical Parameters		
<i>Protection degree outer cover (IEC 60529)</i>		<i>IP41</i>
<i>Protection degree inner partitions (IEC 60529)</i>		<i>IP20</i>
<i>Ambient temperature (IEC 60694)</i>		<i>-5 °C to +40 °C</i>
<i>Painting colour</i>		<i>RAL 7035</i>

<i>Painting treatment</i>		<i>Standard</i>
<i>Mimic Diagram</i>		<i>On Relay</i>
<i>Minimum Switchgear room height</i>	<i>mm</i>	<i>3100</i>
<i>Gasduct</i>		<i>Gas duct with outlet</i>
<i>Fault limiting device</i>		<i>1th sensors</i>
<i>Feeder and apparatus doors closing version</i>		<i>Central handle</i>
<i>LV compartment closing doors version</i>		<i>Central lock</i>
<i>LV compartment internal support</i>		<i>Aluminium profile</i>
<i>Floor fixing</i>		<i>Anchoring bolts</i>
<i>Anticondensation heater</i>		<i>Yes</i>
		<i>In Cable Compartment</i>
		<i>In Apparatus Compartment</i>
<i>LV compartment internal lighting</i>		<i>Yes, with limit switch</i>
<i>Secondary Electrical Parameters</i>		
<i>Apparatus spring loading voltage</i>		<i>125 VDC</i>
<i>Control auxiliary voltage</i>		<i>125 VDC</i>
<i>Signalling auxiliary voltage</i>		<i>125 VDC</i>
<i>Lighting & heating voltage</i>		<i>230 VAC 50Hz</i>
<i>Control circuits wires section</i>	<i>mm²</i>	<i>1.5</i>
<i>Voltage circuits wires section</i>	<i>mm²</i>	<i>2.5</i>
<i>Current circuits wires section</i>	<i>mm²</i>	<i>2.5</i>
<i>Earthing circuits wires section</i>	<i>mm²</i>	<i>2.5</i>
<i>Wiring cables type</i>		<i>Halogen free</i>
<i>Wiring cables rated voltage</i>		<i>0.6/1 kV</i>
<i>Wiring cables colour</i>		<i>Customized</i>
<i>Panel control</i>		<i>ABB IEDs</i>
<i>Communication protocol</i>		<i>PROFIBUS DP</i>
<i>Communication connection media</i>		<i>RS485</i>
<i>Remote Communication Protocol</i>		<i>None</i>

SW; 4,16kV; 2500A; 40kA/3s; 12 panels

<i>Feeder name</i>	<i>Product</i>	<i>Feeder designation</i>	<i>Current[A]</i>	<i>Width [mm]</i>	<i>Weight [kg]</i>	<i>Qty</i>
<i>Outgoing Trafo CB</i>	<i>UniGear ZS1</i>	<i>M01, M05, M11, M12</i>	<i>1250</i>	<i>800</i>	<i>850</i>	<i>4</i>
<i>Outgoing Trafo CB</i>	<i>UniGear ZS1</i>	<i>M02, M04, M08, M10</i>	<i>1250</i>	<i>800</i>	<i>850</i>	<i>4</i>
<i>Incomer</i>	<i>UniGear ZS1</i>	<i>M03, M09</i>	<i>2500</i>	<i>1000</i>	<i>1200</i>	<i>2</i>
<i>Bus Coupler</i>	<i>UniGear ZS1</i>	<i>M06</i>	<i>2500</i>	<i>1000</i>	<i>1200</i>	<i>1</i>
<i>Bus Riser</i>	<i>UniGear ZS1</i>	<i>M07</i>	<i>2500</i>	<i>800</i>	<i>1200</i>	<i>1</i>
						<i>12</i>

Accessories

- 14 Patchcord - STP Cat6 or better (RJ45 connectors) 10m
- 3 Modbus TCP/ Profibus DP slave (5205-MNET-PDPS)
- 1 Modular Managed Ethernet Switch AFS670 - 2x100BaseFX - MM (LC - ABB standard, ST), 18x100BaseTX (RJ45)
- 2 Unigear Single End Cover
- 1 Operating lever for earthing switch
- 1 Correction pen for paint touch up
- 1 Tin of 400g of grease
- 2 Double bit key for screws 3,2mm
- 2 Double bit key for screws 5,2mm
- 1 Support bracket for handles and keys
- 4 Multi-finger test plug type MMLB01
- 1 Busbar earthing truck without making capacity Type E-U/P p275 (1000 mm) 17.5kV 2500A 50kA
- 1 Earthing kit type 2 (insulated rod, 4 earthing clamps and warning label) up to 40kA
- 1 Voltage detector KP-TEST5 for Un 3-10kV
- 2 Apparatus service trolley 12kV 400mm
- 2 Apparatus service trolley 800mm package
- 2 Apparatus service trolley 1000mm package
- 1 Shutter lifting truck 800mm 17.5kV
- 1 Shutter lifting truck 1000mm 17.5kV
- 1 Test Cabinet for CB

Konec ukázky z dokumentu Obecné specifikace rozvaděče.

Dále bylo potřeba zvážit Specifikaci jednotlivých panelů a jednofázového schématu.

Z jednofázového schématu jsme vyhledali parametry jako:

- Počet příchozích a odchozích vývodů a počet napájecích přívodů
- Zjištění jestli byly použity senzory nebo měřící trafa proudu
- Využití přepět'ové ochrany
- Typ přípojnice – jednoduchá/dvojitá
- Typ ochrany (REx6xx, REF542+, Relion atd.)
- Typ příchozího vodiče (kabel/přípojnice – šíny)
- Jestli byl použit IS-Limiter (zařízení pro omezení zkratového proudu)
- Použití podélné spojky přípojnice

Někdy se stalo, že jednofázové schéma celkového zapojení sítě průmyslového závodu nebylo k dispozici, v takovém případě jsem tyto hodnoty zjišťoval ze specifikace jednotlivých panelů udávaných v obecné specifikaci rozvaděče.

Ukázka tabulek do kterých jsem zapisoval výsledná data:

BASIC DATA							
Project Name	Industry [ALU, CEM, MIN, OTHER]	Project - Country	PIMIN Engineer Name	Supplier Name	Offer Date [YYYY-MM-DD]	Offer Reference	Total Price converted to EUR, Rates at Offer Date
Projekt 1	MIN	Mauritania	Jmeno 1	ABB	5.5.2010	xx	€ 20 000
Projekt 2	MIN	Guinea		ABB	5.5.2010	xx	€ 100 000
Projekt 2	MIN	Guinea		ABB	5.5.2010	xx	€ 100 000

Tabulka 1: Základní data (data byla upravena)

Základní data – „Basic Data“ sekce sloužila k dosazení hodnot o původu a ceně rozvaděče.

Jméno projektu – „Project Name“ – název destinace pro kterou byl daný rozvaděč navržen jako možné řešení.

Průmysl – „Industry“ – Specifikace zaměření projektu. Většinou šlo o projekty zaměřené na těžbu minerálu (MIN); Těžbu hliníku (ALU); Výrobu cementu – cementárny (CEM), nebo další, které nebyly blíže specifikované.

Země projektu – „Project country“ – země kde byl projekt realizován.

Jmeno Inženýra – „PIMIN Engineer Name“ – technická podpora pro obchodníky.

Jméno dodavatele – „Supplier Name“ – jméno pobočky ABB, která daný přístroj dodala.

1st quartile for 1 Panel	Average price for 1 Panel	3rd quartile for 1 Panel	1st quartile	Average Price	3rd quartile
10 000,00 €	20 000,00 €	20 000,00 €	100 000,00 €	400 000,00 €	500 000,00 €
QANTITY PANELS					
Incomer	Outgoing Feeder	Coupler	Riser	Other (e.g. IS-Limiter)	Total Quantity of Panels
5	5	5	5	5	25
20	100				120
5	30	10	10	1	56

Tabulka 2: Množství panelů v rozvaděči (data byla upravena)

V této části tabulky se vypsali množství a typ panelů pro každý rozvaděč.

Následně byly přidány výpočty cen panelů za období prvního a třetího kvartilu a průměrné ceny jednoho a všech panelů. Tyto ceny jsou závislé na filtrech všech parametrů v tabulce.

Rated Voltage [kV]	Frequency [Hz]	Busbar Current [A]	Sc-Rating [kA]	Type	System [SBB/DBB/Double level/ Back-to-Back]	BIL in kV	Protection Relay	Arc Detection [no/Ith/TVOC/REA]
17,5	50	4000	40	Unigear ZS1	SBB	95	REF542plus	
36	50	1250	31,5	Unigear ZS3.2	SBB	170	REF542plus	REA101, REA107
36	50	2500	31,5	Unigear ZS3.2	SBB	170	REF542plus	REA101, REA107

Tabulka 3: Technická data rozvaděčů

V závěru se vypsaly technické parametry jednotlivých rozvaděčů. Od jmenovitých hodnot napětí, proudu a zkratových proudů až po typ rozvaděče, typ použité ochrany a dalšího příslušenství, jako detektor oblouku, použití izolace přípojníc, senzorů, nebo měřících transformátorů a další.

Druhým krokem bylo přidat další prvky jako transformátory, vypínače, kondenzátory, cívky, jističe a další. Provést stejnou finanční analýzu a následně vytvořit grafy. V této části jsme se dostali k pokročilejšímu programování v excelu:

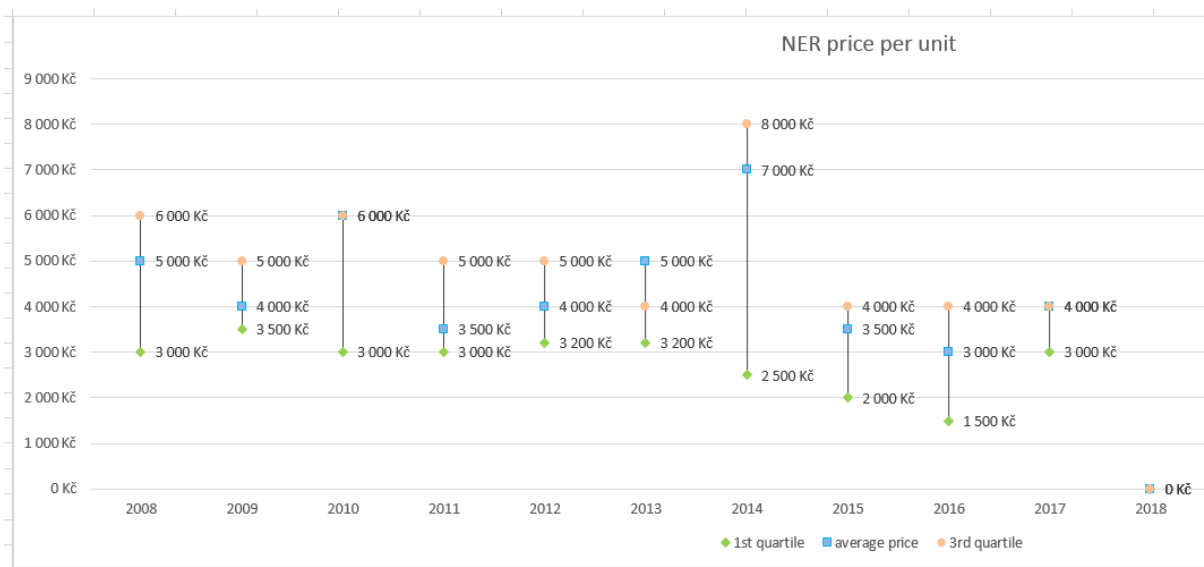
- Bylo potřeba se naučit správně odkazovat a pracovat s buňkami excelu.
- Vytvořit výpočetní vzorce pro ceny v závislosti na zadaných filtrech v datovém listu.
- Vytvořit grafy, které reagovaly na dané filtry.

Často se při této fázi spolupracovalo s kolegy ve Švýcarsku, kteří nám pomohli doladit některé komplikovanější části, zejména při programování v MS EXCEL.

NER price per unit					
Year	1st quartile	average price	3rd quartile	Quantity	Total inquired Volume
2008	3 000 Kč	5 000 Kč	6 000 Kč	100	400 000 Kč
2009	3 500 Kč	4 000 Kč	5 000 Kč	40	200 000 Kč
2010	3 000 Kč	6 000 Kč	6 000 Kč	40	190 000 Kč
2011	3 000 Kč	3 500 Kč	5 000 Kč	30	100 000 Kč
2012	3 200 Kč	4 000 Kč	5 000 Kč	20	80 000 Kč
2013	3 200 Kč	5 000 Kč	4 000 Kč	80	250 000 Kč
2014	2 500 Kč	7 000 Kč	8 000 Kč	60	320 000 Kč
2015	2 000 Kč	3 500 Kč	4 000 Kč	50	150 000 Kč
2016	1 500 Kč	3 000 Kč	4 000 Kč	10	15 000 Kč
2017	3 000 Kč	4 000 Kč	4 000 Kč	10	30 000 Kč
2018	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0	- Kč
2019	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0	- Kč
2020	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0	- Kč
2021	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0	- Kč
2022	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0	- Kč
2023	0 Kč	0 Kč	0 Kč	0	- Kč
Summary Sheet					
NER Sheet					
Used Filtrés		Clear NER Active Filtrés		Clear All Active Filters	
Filters Clear					
NO ACTIVE FILTERS					

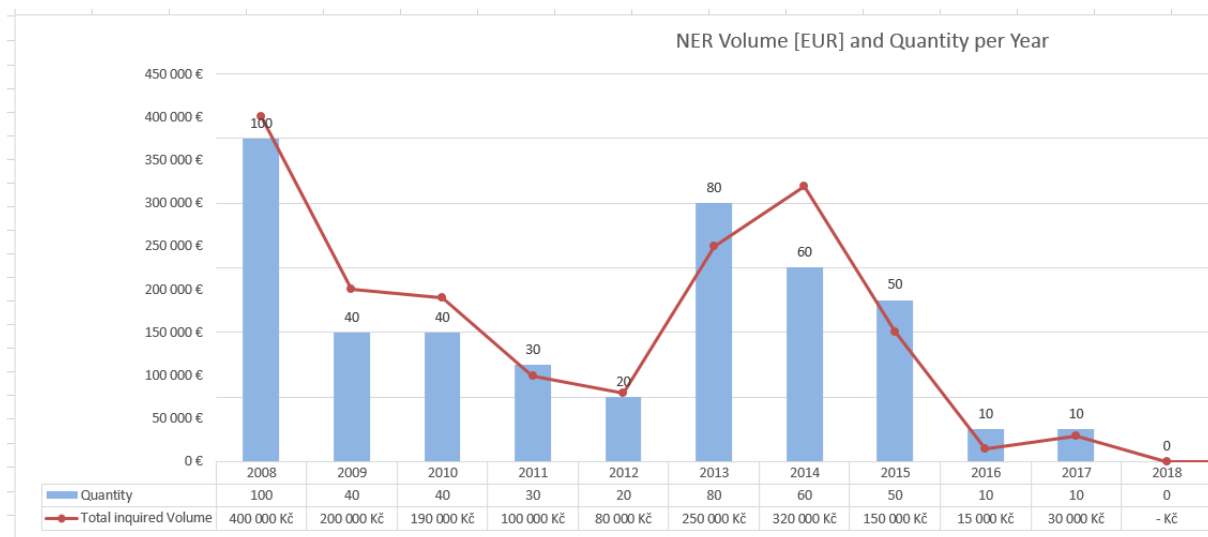
Tabulka 4: Výpočty pro jednotlivé grafy (data byla upravena)

Poslední část tohoto projektu byla zaměřena na grafické zpracování výsledných dat. A následně z nich udělat grafy.



Obrázek 1 Graf ceny na jednotku NERu (data byla upravena)

První graf zobrazuje průměrnou cenu, cenu v prvním a třetím kvartilu celkové ceny za jeden odporník v závislosti na zvolených filtrech.



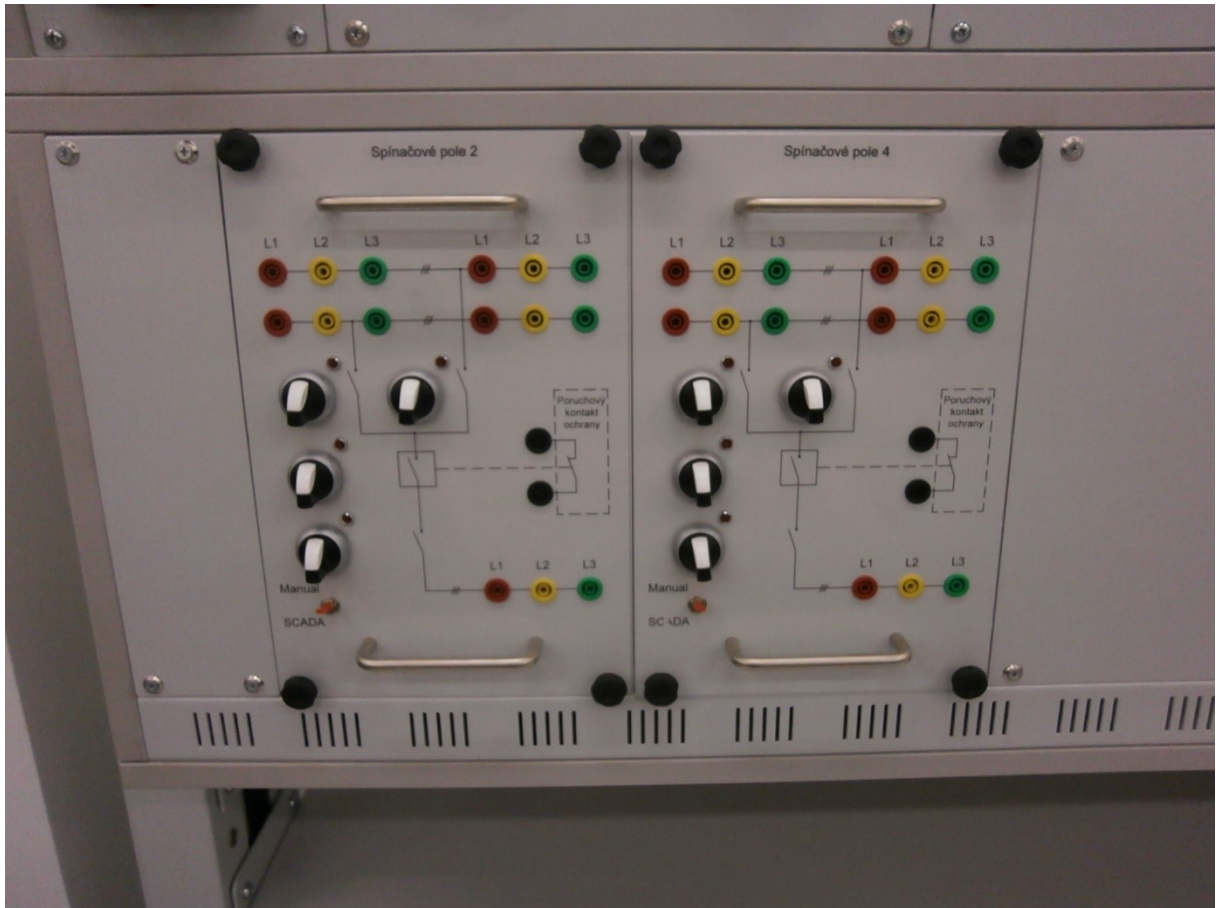
Obrázek 2 Graf množství a ceny NER za rok (data byla upravena)

Poslední graf zobrazuje počet požadovaných odporů a jejich cenu za každý rok, opět v závislosti na požadovaných filtrech.

Nejčastěji používané rozvaděče za posledních 10 let byly Unigear ZS1 s jmenovitým napětím 12kV, 50Hz, proud přípojníc 1250A, zkratový proud 31,5kA, jednoduchou přípojnici a ochranou REF542+.

4.2. Návrh a realizace měřící úlohy ochrany REF630

Tato úloha byla vytvořena společností ABB za účelem zprovoznění laboratorní úlohy v univerzitní laboratoři EB015. Šlo o vytvoření konfigurace pro měření nadproudů, zkratů, přepětí a podpětí na modelu přípojníc vysokého a velmi vysokého napětí v laboratoři.



Obrázek 3: Ukázka systému přípojníc modelu v laboratoři EB015

V první části bylo potřeba se seznámit se samotnou ochranou. Toto seznámení proběhlo formou dvoudenního školení. Na daném školení jsem se seznámil s řadou ochran RE615 - REF615, RED615, RET615 a REM615. Které mají podobný systém programování a funkčnosti jako REF630.

Následovalo seznámení s programem PCM600, který slouží k programování jednotlivých funkčních bloků dané ochrany. A testování jejich funkčnosti na reálné ochraně.

Popis ochrany REF630:

Popis výrobku:

IED REF630 (Inteligentní elektronické zařízení) je komplexní IED řízení vývodu. Je určeno pro ochranu, ovládání, měření a monitorování vývodů distribučních rozvodů energetických společností i průmyslových podniků. REF630 je výrobek produktové skupiny Relion® firmy ABB a zároveň je i součástí produktové řady REx630, která je charakterizována funkční všestranností a flexibilní konfigurovatelností.^[2]

Aplikace:

REF630 zajišťuje hlavní chránění venkovních vedení a kabelových vývodů v distribučních sítích. IED je aplikačně vhodné pro síť s izolovaným bodem i pro odporově, nebo impedančně uzeměné síť. K dispozici jsou čtyři předdefinované konfigurace, které vyhovují typickým požadavkům na chránění a ovládání vývodů.^[2]

Ochranné funkce:

IED nabízí selektivní zkratové a nadproudové chránění včetně třífázové nesměrové nadproudové ochrany se čtyřmi nezávislými stupni a třífázové směrové nadproudové ochrany se třemi nezávislými stupni. IED je dále vybaveno funkcí detekce zapínacího proudu, která je určena pro blokování zvolených stupňů nadproudových ochran, nebo pro zvýšení nastavených hodnot těchto stupňů.

Vestavěná ochranná funkce proti tepelnému přetížení používá tepelné modely vhodné pro venkovní vedení a kabely. Nadproudová ochrana se dvěma nezávislými stupni, která vyhodnocuje zpětnou složku proudu, se používá pro chránění při nesymetrickém zatížení fází systému, IED kromě toho také nabízí ochranu při fázové nesymetrii.

IED je dále vybaveno selektivní zemní ochranou a ochranou pro dvoufázové zemní poruchy, které jsou určeny pro systémy s izolovaným nulovým bodem, pro odporově a/nebo impedančně uzeměné systémy i pro účinně uzeměné síť.^[2]

Pro chránění proti zemním poruchám je k dispozici neměrová zemní ochrana se třemi nezávislými stupni a směrová zemní ochrana se čtyřmi nezávislými stupni.

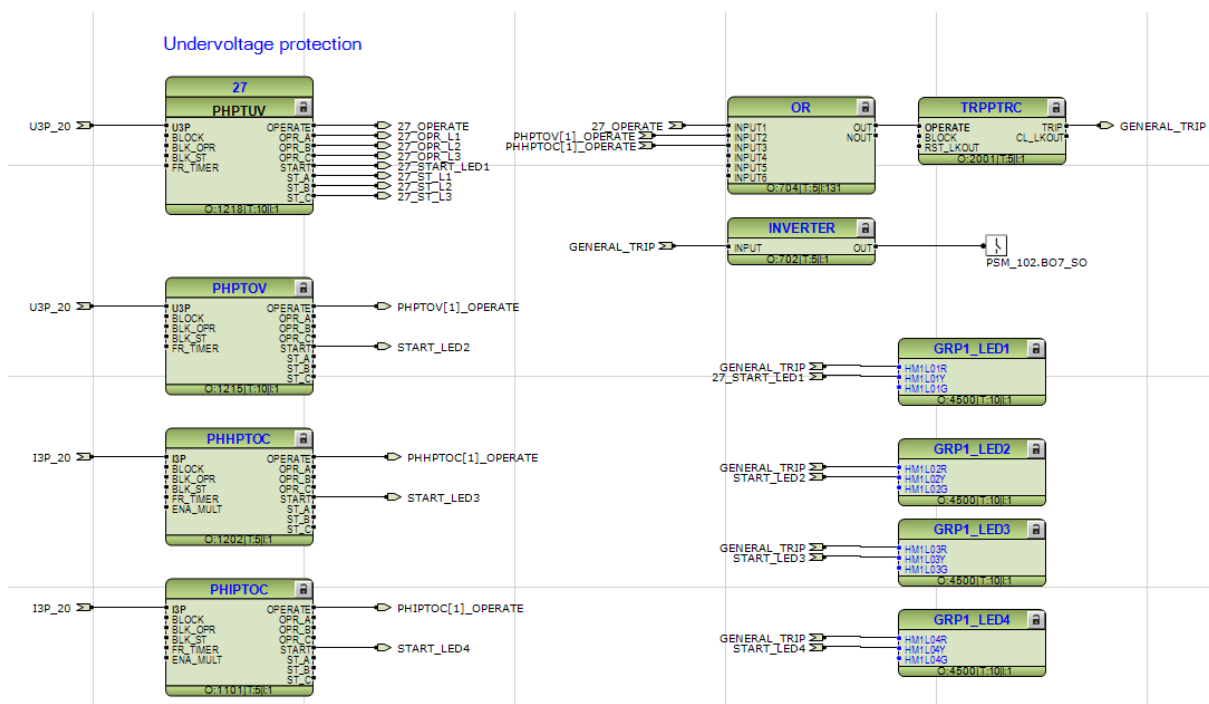
IED nabízí distanční ochranu vybavenou jak zónovými kruhovými (MHO) charakteristikami, tak i zónovými čtyřúhelníkovými charakteristikami. Distanční ochrana má tři nezávislé zóny se samostatně nastavitelnými dosahy měřících členů mezifázových i zemních poruch a dvě zóny určené pro řízení automatického opětovného zapnutí vypínače. IED také nabízí logiku automatického zapnutí do poruchy, u kterého je možno zvolit princip detekce poruchy na bázi vyhodnocování napětí a proudu.

IED má také napěťové ochranné funkce, jako například třífázovou podpěťovou i přepěťovou ochranu, každou se třemi nezávislými stupni a s měřením jak sdruženého, tak i fázového napětí.

Dále je zde nadfrekvenční ochrana, podfrekvenční ochrana a ochrana vyhodnocující rychlost změny frekvence, které je možné použít v logikách funkce odpínání zátěže a v aplikacích opětovného obnovení provozu stavu sítě.^[2]

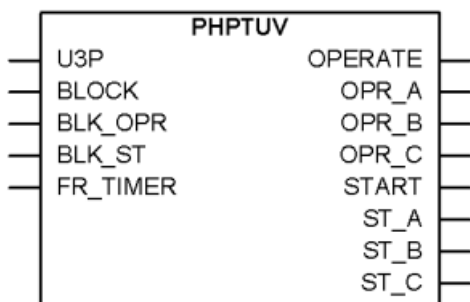
První stádium řešení:

Jako první se naprogramovala konfigurace v PCM600, která měla za cíl vybavit spoušť. Při podpětí ochrana vyšle signál na výstup, který rozpne daný obvod. Tento funkční blok sloužil původně jako způsob kterým jsem se naučil pracovat s nástrojem PCM600.



Obrázek 4: Výsledné zapojení bloků konfigurace projektu.

Funkční blok PHPTUV

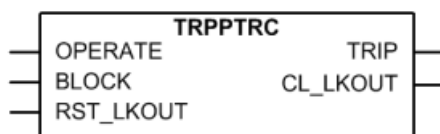


Obrázek 5: PHPTUV

PHPTUV je funkční blok pro tří fázovou podpětíovou ochranu a používá se k odpojení zařízení od sítě, například elektrické motory, které jsou náchylné k poškození při provozu na nízkém napětí. PHPTUV dále disponuje nastavitelnou hodnotou pro zjištění podpětí v jedné, dvou, nebo tří fázích.

Vypínací funkci můžeme použít pro určitý čas, nebo pro inverzní určitý minimální čas charakteristiky, nebo pro zpoždění vypínací funkce. ^[1]

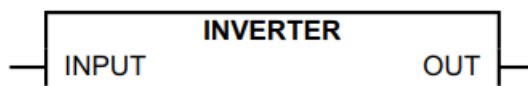
Funkční blok TRPPTRC



Obrázek 6: TRPPTRC

Vypínací logika funkčního bloku TRPPTRC je použita jako kolektor vypínacích příkazů a manipulátor pro ochranou funkci. Funkce tohoto bloku má vliv na vypínací signál vypínače. Uživatel může nastavit minimální délku vypínacího impulsu, když nepřídržný mód je vybrán. Jde vybrat i přídržný mód pro vypínací signál. ^[1]

Funkční blok INVERTER



Obrázek 7: INVERTER

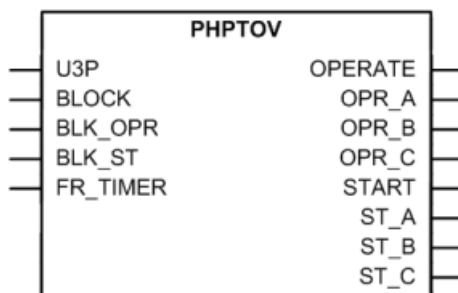
Tento funkční blok slouží ke změně logické jedničky na logickou nulu. Jelikož je nutné, aby v případě působení jedné z ochranných funkcí byla na binárním výstupu logická nula a hlavní vypínač laboratorního modelu bude blokován. ^[1]

Následně se provedlo měření v laboratoři EB015. Na začátku se nepodařilo připojit z důvodu špatné verze programu PCM600 pro REF630. Následně po aktualizaci na nejnovější verzi došlo k připojení a odzkoušení funkce ochrany a základních příkazů, které nám později umožnili pracovat s ochranou.

Druhé stádium řešení:

V další části jsem se rozhodl přidat další funkční bloky – funkce – ochrany a rozšířit tak její použitelnost pro školní měření.

Funkční blok PHPTOV

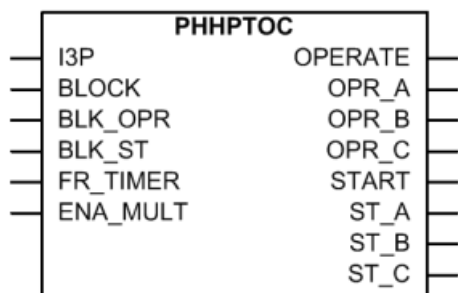


Obrázek 8: PHPTOV

Tří fázová přepětíová ochrana je použita pro výkonové systémové prvky jako, generátory, transformátory, motory a elektrické vedení. Ochrana slouží k ochraně systémů před přepětím, které by mohlo vést k poruše izolace a zničení zařízení. PHPTOV dále disponuje nastavitelnou hodnotou pro zjištění přepětí v jedné, dvou, nebo tří fázích.^[1]

Následně jsem přidal dva bloky pro nadproudovou ochranu.

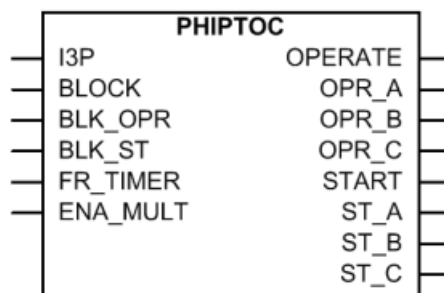
Funkční blok PHHPTOC



Obrázek 9: PHHPTOC

Blok PHHPTOC znamená tří fázová nadproudová ochrana – vysoký stupeň.

Funkční blok PHIPTOC:



Obrázek 10: PHIPTOC

Blok PHIPTOC znamená tři fázová nadproudová ochrana – mžikový stupeň.

Tyto ochrany jsou používány jako jedno až tří fázová nadproudová ochrana a zkratová ochrana pro přívody.

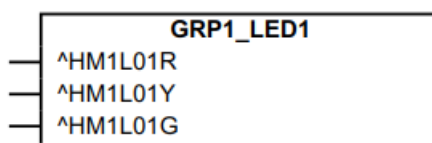
Ochrana se spustí když dojde k překročení nastaveného limitního proudu. Vypínací čas může být zvolen jako určitý čas – DT, nebo jako inverzní určitý střední čas – IDMT. Blok s mžikovým stupněm vždy funguje s DT charakteristikou.

Časově nezávislá DT charakteristika znamená, že ochrana vypne pro přímo zadanou hodnotu času pro daný proud. Pokud proud (závada) zmizí před odpočítáním celého vypínacího času tak dojde k restartu časovače.

IDMT charakteristika znamená, že máme proudově závislou charakteristiku podle normy IEC/ANSI na základě které dojde k určení času při kterém se ochrana vypne.

Poslední je funkční blok pro ovládání skupin LED diod na displeji ochrany.

Funkční blok GRP1_LED1



Obrázek 11: GRP1_LED1

V ochraně jsou 3 funkční bloky pro skupiny LED diod GRP1 až GRP3, kde každá má 15 LED my jsme použili skupinu 1.

LED se použili pro signalizaci začátku odpočítávání při vzniku poruchového stavu (oranžová) a pro signalizaci samotného vypnutí ochrany (červaná).

Následně došlo k druhé části měření, kde bylo zapotřebí odměřit funkčnost všech bloků pro různé stavy. Toto měření proběhlo opět v laboratoři EB015 na ochraně REF630, tentokrát bez komplikací.

Jednu část testování provedli i studenti v předmětu Elektrárny, kdy se v rámci laboratorní výuky provedlo měření třemi skupinami studentů.

Ukázka nastavení funkčního bloku – PHPTUV

REF630 - Application Configuration		REF630 - Parameter Setting			
Group / Parameter Name	IED Value	PC Value	Unit	Min	Max
✓ 27: PHPTUV: 1					
✓ Operation		Off			
✓ Base value Sel phase		Phase Grp 1			
✓ Voltage selection		phase-to-earth			
✓ Phase supervision		A or AB			
✓ Num of start phases		1 out of 3			
✓ Voltage block value		0,10	pu	0,05	1,00
✓ Relative hysteresis		4,0	%	1,0	5,0
✓ Curve Sat Relative		2,0	%	0,0	10,0
✓ Curve parameter A		1,000		0,005	200,000
✓ Curve parameter B		1,00		0,50	100,00
✓ Curve parameter C		0,0		0,0	1,0
✓ Curve parameter D		0,000		0,000	60,000
✓ Curve parameter E		1,000		0,000	3,000
✓ Reset delay time		0,020	s	0,000	60,000
✓ Minimum operate time		0,040	s	0,040	60,000
✓ Enable block value		Yes			
✓ Setting Group1					
✓ Start value		0,80	pu	0,05	1,20
✓ Time multiplier		1,00		0,05	15,00
✓ Operating curve type		IEC Def. Time			
✓ Type of reset curve		Immediate			
✓ Type of time reset		Freeze Op timer			
✓ Operate delay time		5,000	s	0,040	300,000

Obrázek 12: Nastavení parametrů – nastavení bloku PHPTUV

V programu PCM600 se u požadovaného bloku přepneme do nastavení parametrů - „Parameter Setting“.

„Operation“ nastavíme na On, čímž zapneme ochranný funkční blok.

Následně nastavíme počet fází kde má reagovat – „Num of start phases“.

Ve skupině „Setting Group1“ nastavíme hodnoty:

Spouštěcí hodnota – „Start Value“ – na 0,8pu. Tato hodnota nám určuje kdy se spustí časovač ochrany – zde 80% a méně vstupní hodnoty.

Použitý typ charakteristiky – „Operating curve type“ na „IEC Def. Time“, což znamená určitý čas podle normy IEC. Tento parametr nastaví mez vypínací charakteristiky ochrany podle výše zadaných vstupních parametrů. V našem případě je startovací hodnota 0,8pu a vybavovací zpoždovací čas – „Operate delay time“ – je 5s. Což znamená, že při požadovaném vstupním napětí 100V pokud toto napětí klesne na/nebo pod 80V, dojde k sepnutí časovače v ochraně a pokud za 5s nedojde k odstranění nežádáného stavu, tak dojde k vybavení ochrany.

Tento parametr můžeme dále nastavit podle předdefinovaných charakteristik v normách IEC, nebo ANSI jako Extrémně Inverzní, Velmi Inverzní a Normálně Inverzní. Tyto charakteristiky by následně určili vypínací čas ochrany podle velikosti vstupního proudu.

Zpožděný vybavovací čas – „Operate delay time“ – na 5 sekund. Tato hodnota nám určuje, že při překročení vstupních parametrů dojde k vybavení ochrany za 5s. V našem případě pokud je vstupní napětí menší než, nebo rovno 80% vstupní hodnoty, dojde ke spuštění časovače v ochraně a za 5s dojde k vyslání signálu z výstupu ochrany na vypínač a odpojení obvodu.

4.3. Aktualizace nástroje pro určení vypínacích charakteristik jistících prvků a ověření selektivity.

První fáze:

V první části práce na nástroji pro vykreslení vypínacích charakteristik ochrany došlo k testování/porovnávání nové verze s verzí starší a zjišťování jestli pro stejné parametry oba dva programy vykreslí stejné charakteristiky pro ochrany vysokého napětí.

Chyby:

Při této fázi testování jsem zjistil, že nový program nezobrazuje celou vypínací charakteristiku v oblasti možného přetížení. Bylo tedy potřeba předělat vzorce pro výpočet daných charakteristik podle rovnice:

$$t(s) = \left(\frac{A}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^c - 1} + B \right) \cdot k \quad [3]$$

Ukázka původní rovnice:

=IFERROR((\$AG15*\$C\$15/\$C\$16*\$C\$17)*\$C\$6;"")

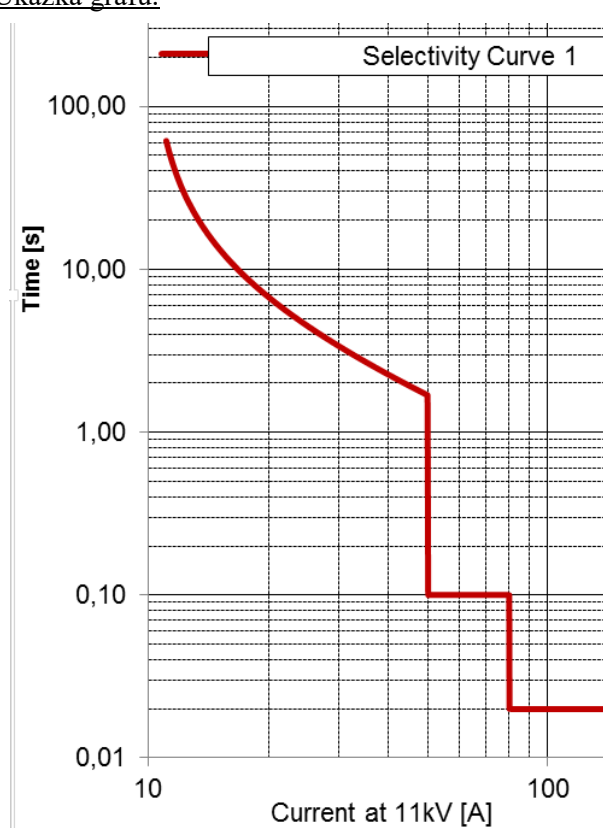
$$I_{prim} = \left(I_{prim,sec.CT} \cdot \frac{CT_{primary}}{CT_{secondary}} \cdot I > \right) \cdot Voltage\ Level\ Factor$$

Ukázka upravené rovnice:

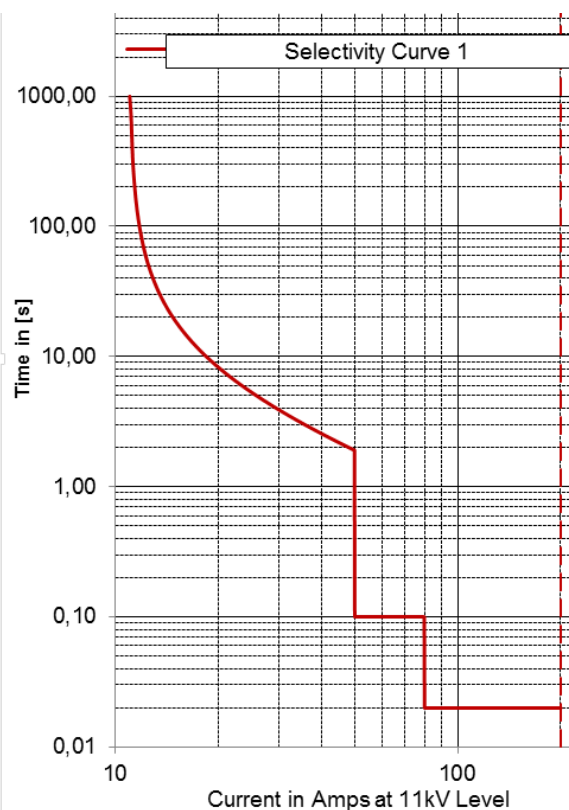
=IFERROR(\$AF15*C\$14*C\$17;"")

$$I_{prim} = \left(\frac{I}{I_{set}} \cdot I_{prot.\ setting.\ ref.} \cdot I > \right)$$

Ukázka grafů.



Obrázek 13: Vypínací charakteristika stará



Obrázek 14: Vypínací charakteristika nová

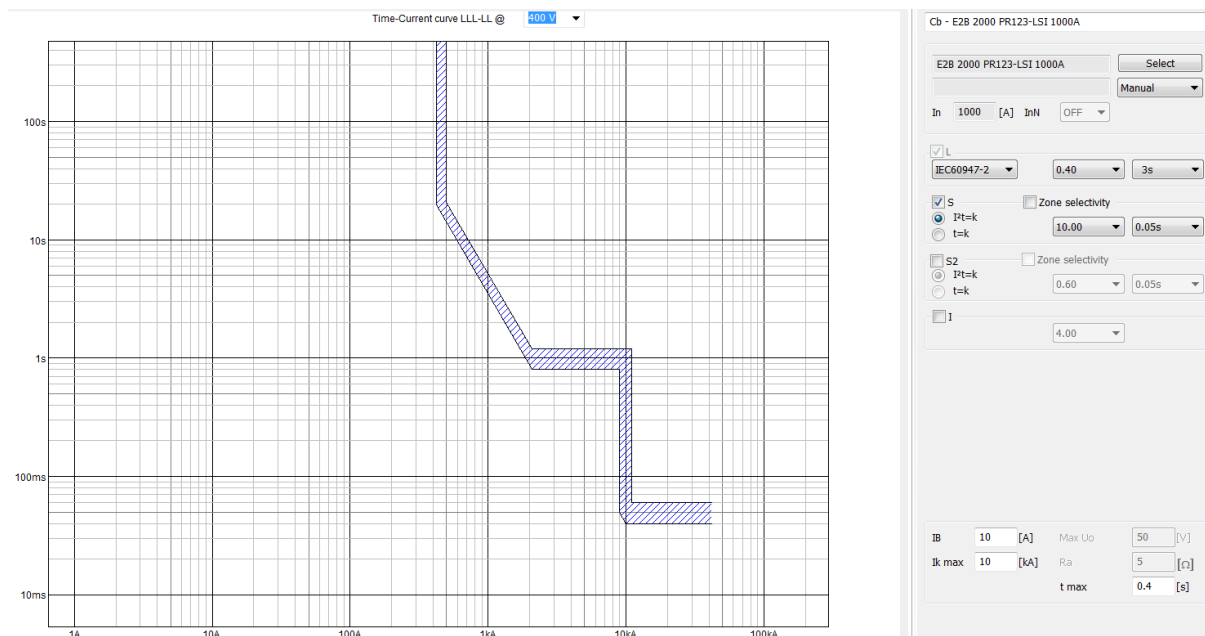
Ve starém grafu se nezobrazovala kompletní charakteristika. Když se podíváme na starou charakteristiku, obrázek č. 13., tak došlo k vykreslení jen do určitého bodu daného funkcí v MS EXCEL. Reálná ochrana vypíná v rozdílném čase než jaky byl původně spočítán. Po otestování vypínacích časů, tabulka č.5., jsem provedl úpravu vykreslení charakteristik podle reálných hodnot, obrázek č. 14.

No.	I/I>	Isec [A]	t start	t operate	t real [s]	t calc [s]
1	1,10	1,210	9:29:52.919	9:30:46.990	54	54,00
2	1,09	1,199	9:35:14.660	9:36:15.930	61	60,00
3	1,08	1,188	9:37:20.495	9:38:29.490	68	67,50
4	1,07	1,177	9:39:43.010	9:41:01.870	78	77,14
5	1,06	1,166	9:41:47.980	9:43:19.990	92	90,00
6	1,05	1,155	9:47:00.195	9:48:50.610	110	108,00
7	1,04	1,144	9:49:30.765	9:51:48.798	138	135,00
8	1,03	1,133	9:52:20.750	9:55:24.790	184	180,00
9	1,02	1,122	9:57:05.530	10:01:41.80	276	270,00
10	1,01	1,111	10:03:57.81	10:13:17.43	560	540,00

Tabulka 5: Naměřené hodnoty testování vypínacích časů

Druhá fáze:

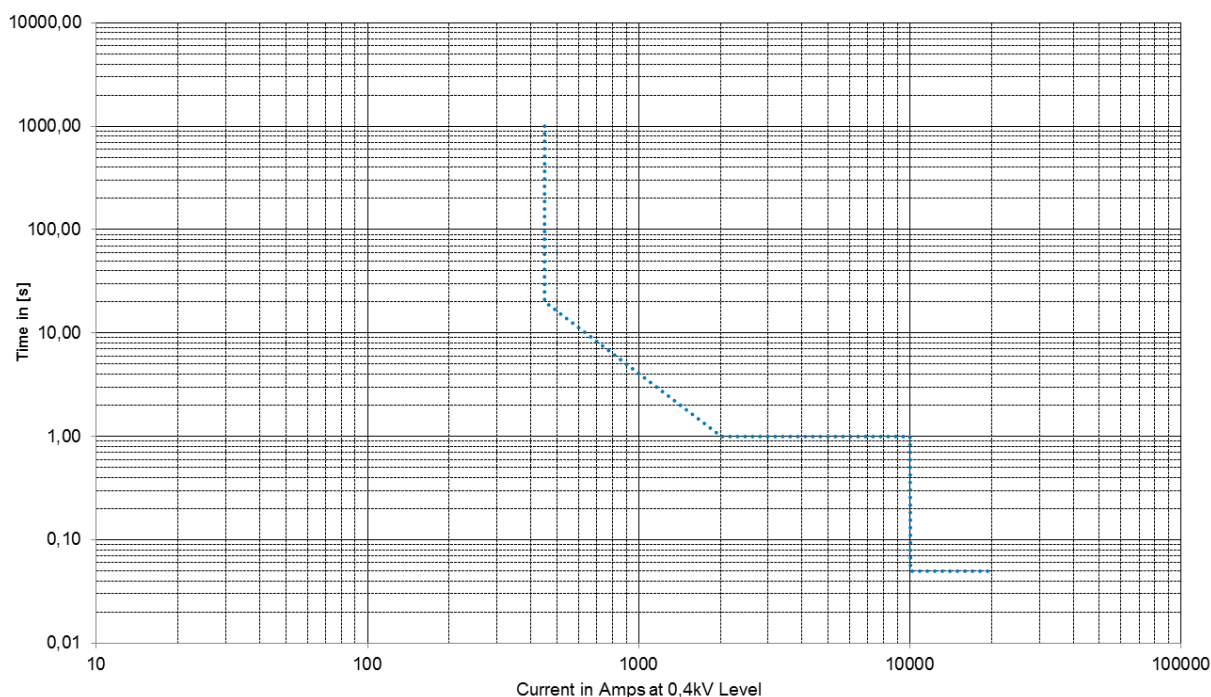
Ve druhé části jsem testoval nízko napěťové vypínací charakteristiky. Zde jsem použil program společnosti ABB e-Design. Ve kterém jsem zobrazil jednotlivé vypínací charakteristiky pro nízko napěťové ochrany a provedl jsem porovnání těchto charakteristik s vypínacími charakteristikami v MS EXCEL.



Obrázek 15: Zobrazení vypínacích charakteristik NN ochran v programu e-Design

Program e-design zobrazuje charakteristiky jako nejistotu kolem požadované hodnoty času a proudu.

Můj cíl bylo otestovat, že nástroj v MS EXCEL zobrazuje průměrnou hodnotu těchto vypínacích charakteristik. A že se dané vypínací charakteristiky drží v normách/fyzikálně definovaných mezích přístroje.



Obrázek 16: Zobrazení vypínací charakteristiky NN ochran v MS EXCEL

V této části nedošlo k žádným dalším velkým úpravám, charakteristiky souhlasili s předlohou. Rozšířil jsem časovou základnu do 1000s, šlo o stejnou úpravu jako u vypínacích charakteristik vysokého napětí.

Třetí fáze:

Poslední částí byla aktualizace listu s dalšími daty, který obsahoval:

- Distribuční transformátory
- Transformátory pro napájení měničů
- Motorová Data
- Kabelová Data
- Kompezační jednotky

Transformátory:

Proběhlo další kolo testování pro zobrazení rázového proudu pro transformátory a tepelně výdržné charakteristiky pro transformátory.

Charakteristika rázového proudu:

$$f(t) = a \exp(-bt) + c$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad a &= I_{pk} - I_n & \bullet \quad c &= I_n & \bullet \quad b &= - \frac{\left[\ln \left(\frac{I_{pk}}{2} - I_n \right) \right]}{t} \end{aligned}$$

Distribution - Transformer Data			
Curve Name:		-	
Un [kV]		33	
S [kVA]		20000	
Tr Ir [A]		349,9 A	
Nominal Current Curve <input type="checkbox"/> Show			
Current [A]		#N/A	#N/A
Time [t]		10	10000
Inrush Curve		Thermal Limit Curve	
<input checked="" type="checkbox"/> Show Curve		<input checked="" type="checkbox"/> Show Curve	
Curve Name:		Curve Name:	
Tr Ip [A]		-	
TIPK/2 [s]		-	
b [A]		-	
Current [A]	Time [t]	Current [A]	Time [t]
2892,00	0,01	5598,40	1
2096,00	0,10	3149,10	6
1500,00	0,20	2449,30	11
1174,00	0,28	2029,42	16
849,00	0,40	1749,50	21
679,00	0,50	1434,59	31
466,00	0,75	1119,68	56
391,00	1,00	437,38	
Mechanical Limit Curve			
uk [%]		8,0 %	
Current [A]	4373,8	2186,9	
Time [t]	2.0	8.0	

VFD - Transformer Data			
Curve Name:		-	
Un [kV]		33	
S [kVA]		25000	
Tr Ir [A]		437,4	
Nominal Current Curve <input type="checkbox"/> Show			
Current [A]		#N/A	#N/A
Time [t]		10	10000
Inrush Curve		Thermal Limit Curve	
<input checked="" type="checkbox"/> Show Curve		<input checked="" type="checkbox"/> Show Curve	
Curve Name:		Curve Name:	
Tr Ip [A]		-	
TIPK/2 [s]		-	
b [A]		-	
Current [A]	Time [t]	Current [A]	Time [t]
3903,00	0,01	6998,40	1
3144,00	0,10	3936,60	6
2494,00	0,20	3061,80	11
2088,00	0,28	2536,92	16
1625,00	0,40	2187,00	21
1339,00	0,50	1793,34	31
891,00	0,75	1399,68	56
666,00	1,00	546,75	
Mechanical Limit Curve			
uk [%]		8,0 %	
Current [A]	5467,5	2733,8	
Time [t]	2.0	8.0	

Tabulka 6: Ukázka nového rozhraní pro výpočet daných charakteristik

Tepelně výdržná charakteristika:

Oteplovací charakteristika se nedala počítat podle konkrétního vzorce. Důvodem je, že data určená pro výpočet této charakteristiky jsou zadané přímo výrobcem po výrobě daného transformátoru. Data se tedy zadávají do nástroje ručně po odečtení z grafu, nebo přiložené tabulky.

Kabelová Data:

Tepelně výdržná charakteristika pro kabely se dá vypočítat podle vzorce:

$$I = I_{thr} \cdot \sqrt{\frac{T_{thr}}{t}}$$

Data kompenzačních jednotek:

Tepelně výdržná charakteristika pro kompenzační jednotky se dá vypočítat podle vzorce:

$$\frac{t}{\tau} = -\ln \left(\frac{\left(\frac{I}{I_{th}} \right)^2 - 1}{\left(\frac{I}{I_{th}} \right)^2 - \left(\frac{I_o}{I_{th}} \right)^2} \right)$$

5. Závěr

5.1. Teoretické a praktické znalosti uplatněné v průběhu praxe

Při absolvování praxe ve společnosti ABB s.r.o. jsem využil praktické znalosti z následujících předmětů a zároveň i rozšířil své znalosti v rámci těchto předmětů.

Technická dokumentace – znalosti z tohoto předmětu jsem využil primárně v první části praxe při práci s jednofázovými schématy.

Elektrická měření – znalosti z tohoto předmětu jsem využil při práci s ochranou REF630, kdy bylo potřeba navrhnout a odzkoušet zapojení pro měření jednotlivých ochran (podpět'ová, přepět'ová, zkratová a nadproudová).

Elektrárny – v tomto předmětu jsme se okrajově dostali k ochranám. Zároveň daný úkol, vytvoření laboratorní úlohy pro měření na ochraně REF630 byl v rámci tohoto předmětu. Došlo zde i k samotnému proměření a otestování úlohy.

Elektrické přístroje I – zde nabyté znalosti byly převážně využity v první a poslední části této práce. Jednak jsem zde využil znalosti jednotlivých elektrických přístrojů. A následně jsem využil znalosti selektivity pro vykreslování charakteristik a jejich zhodnocování.

5.2. Teoretické a praktické znalosti scházející v průběhu praxe

Mezi první znalosti, které byly jasně nedostačující je pokročilá práce s MS EXCEL a programovací jazyk Visual Basic, který se využívá při práci v MS EXCEL. Dalším nedostatkem byla podrobná znalost specifikací rozvaděčů ZSx. V tomto případě nemůžeme předpokládat, že by škola dokázala dodat podrobné informace o každém používaném typu rozvaděče.

Scházející znalosti ve druhé části této práce, byla znalost ochran typu REx6xx konkrétně REF630. A i když nepředpokládám získání všech znalostí pro každou ochranu ve škole, znalost alespoň základů pro primárně využívaný typ ochran by byla na místě. Tento nedostatek byl z části řešen právě touto prací v rámci předmětu Elektrárny.

V poslední části této práce jsem pracoval s vypínacími charakteristikami ochran, tyto znalosti mi byly ve značné míře předány v předmětu Elektrické přístroje I.

5.3. Dosažené výsledky v průběhu praxe a jejich zhodnocení

V první části praxe jsem se naučil podrobnou práci s technickou dokumentací, konkrétně dokumentací rozvaděčů. Orientaci v jednotlivých parametrech rozvaděčů a dalších elektrických přístrojů jako odporů, kondenzátorů, odpojovačů a dalších. Ujasnil jsem si práci a orientaci v jednofázových schématech sítě průmyslových závodů. Na konci jsem získal zkušenosti s přehledem o cenách a používaných trendech cen a parametrů elektrických přístrojů v reálných projektech.

Výsledkem první části praxe byl nástroj pro cenovou analýzu přístrojů použitých na projektech ABB v letech 2007 až 2017, který bude využíván obchodním oddělením společnosti ABB.

Ve druhé části praxe jsem získal praktické znalosti s prací s ochranami REF630, které společnost ABB používá pro ochrany elektrických strojů a sítí. Konkrétně jsem se naučil jak programovat jednotlivé funkční bloky ochrany. Tyto funkční bloky reprezentují funkce přepět'ové, podpět'ové, nadproudové a zkratové ochrany.

Naučil jsem se práci se softwarem pro tuto ochranu, jak se na ochranu připojit a nahrát přichystanou konfiguraci pro její ovládání.

Výsledkem této části byla laboratorní úloha pro měření na modelu dvojitého přípojníc vysokého a velmi vysokého napětí v laboratoři EB015. Tato úloha byla nakonec i proměřena studenty ve třetím ročníku bakalářského studia. Ti, tímto prověřili její funkčnost a správnost, navíc také ověřili, že úloha je použitelná pro praktické využití v následujících letech.

V poslední části praxe jsem získal znalost práce s vypínacími charakteristikami ochran a jejich použití pro určení selektivity dané soustavy vysoko a nízko napěťových ochran. Dále jsem si rozšířil a ujasnil práci s teplotně výdržnými charakteristikami transformátorů, motorů, kabelů a kompenzačních jednotek. Podruhé jsem se dostal k programování s jazykem Visual Basic a získal jsem tak další ponětí o jeho využití.

Výsledkem tohoto úkolu je nástroj pro vykreslování vypínacích charakteristik ochran, který zaměstnanci ABB využívají při návrhu vypínacích charakteristik reálných projektů a ověření selektivity jistících prvků v síti průmyslového závodu. Dále slouží pro určení hodnot, na které se nastaví parametry daných ochran.

Celkově tuto praxi hodnotím jako velice úspěšnou. Umožnila mi nabýt penzum nezanedbatelných zkušeností, které s jistotou využiji ve své budoucí studijní i pracovní kariéře.

6. Literatura

- [1] RE_630_tech_756508_EN. ABB Technical Manual [cit. 2018-02-10]
- [2] REF630_pg_757075_CZd. ABB Popis a technická data výrobku [cit. 2018-02-10]
- [3] International Standart IEC 60255-151 edition 1.0 [cit. 2018-02-10]
- [4] Zemníci VN a NN odporníky. Railcomp [online] [cit. 2018-02-10]

Dostupné z: <http://www.railcomp.cz/produkty-a-sluzby/microelettrica-scientifica/odporniky/zemnici-vn-a-nn-odporniky/>